

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7578

EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO Y FLUJO DE DETRITOS EN LAS LOCALIDADES DE ESPITAL, CHULLO Y NARANJOS

Departamento: Amazonas

Provincia: Bagua

Distrito: Bagua



DICIEMBRE
2024

EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO Y FLUJO DE DETRITOS EN LAS LOCALIDADES DE ESPITAL, CHULLO Y NARANJOS

***Distrito Bagua
Provincia Bagua
Departamento Amazonas***



Elaborado por la Dirección de
Geología Ambiental y Riesgo
Geológico del INGEMMET.

Equipo Técnico:

Elvis Rubén Alcántara Quispe

Luis Miguel León Ordáz

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). “Evaluación de los peligros geológicos por deslizamiento y flujo de detritos en las localidades de Espital, Chullo y Naranjos, distrito Bagua, provincia Bagua, departamento Amazonas”. INGEMMET, Informe Técnico N° A7578, 45p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes.....	5
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Accesibilidad	6
1.3.3. Población	7
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	11
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	11
3.1.1. Grupo Pulluicana (Ks-pu)	11
3.1.2. Grupo Quilquiñán (Ks-qu).....	11
3.1.3. Depósitos del Cuaternario	14
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	15
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	15
4.2. Pendiente del terreno.....	16
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	17
4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional	18
4.3.2. Unidades de carácter depositacional y agradacional.....	18
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	20
5.1. Deslizamientos en la localidad de Espital	21
5.1.1. Deslizamiento DA-1.....	21
5.1.2. Deslizamiento DA-2.....	24
5.2. Deslizamientos en la localidad de Chullo y Naranjos	26
5.2.1. Deslizamiento DA-3.....	26
5.2.2. Deslizamiento DI-1	28
5.3. Flujos de detritos	30
6. CONCLUSIONES	31
6.1. Localidad de Espital.....	31
6.2. Localidades de Chullo y Naranjos.....	31
7. RECOMENDACIONES.....	32
7.1. Transversales a autoridades y población.....	32
7.2. Ante deslizamientos rotacionales.....	33
7.3. Ante flujos de detritos	33
8. BIBLIOGRAFÍA.....	34
ANEXO 1. MAPAS	36
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	44

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación del peligro geológico por deslizamiento y flujo de detritos, realizado en los sectores de Espital, Chullo y Naranjos, pertenecientes a la jurisdicción de la Municipalidad distrital de Bagua, provincia Bagua, departamento Amazonas. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico.

Las unidades geológicas que afloran en los sectores evaluados, corresponden a calizas intercaladas con lutitas calcáreas de los grupos Pulluicana y Quilquiñan, que conforman macizos rocosos muy fracturados y altamente meteorizados; cubiertos por suelos arcillo limosos de mediana a alta plasticidad de origen coluvio deluvial y proluvial.

Las unidades geomorfológicas predominantes, en las zonas evaluadas, corresponden a montañas estructurales en roca sedimentaria y montañas en rocas sedimentarias con pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), mientras que los movimientos en masa han generado vertientes con depósito de deslizamiento y piedemontes proluviales.

Los procesos geodinámicos identificados corresponden a movimientos en masa tipo deslizamiento y flujos de detritos que ponen en peligro a 3 viviendas, 190 m vías de comunicación, 9.6 ha terrenos de cultivo y 300 m canales de regadío de las localidades de Espital, Chullo y Naranjos.

Como factor detonante, se considera a las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas producidas durante los meses de enero a marzo, las mismas que pueden superar los 70 mm/día, según los registros de la estación meteorológica Bagua.

De acuerdo al análisis en el área de impacto por deslizamientos en la localidad de Espital, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera de **Peligro Muy Alto**; mientras que las áreas expuestas a flujos de detritos se consideran de **Peligro Alto**.

Para las localidades de Chullo y Naranjos, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera de **Peligro Alto a Muy Alto** ante deslizamiento; y **Peligro Alto** ante flujo de detritos.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como reforestar las laderas, construir sistemas de drenaje de coronación, sellar y nivelar los escarpes, monitorear los deslizamientos, implementar el riego tecnificado, canalizar las quebradas, entre otras.

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, mediante la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) y el “Servicio de asistencia en evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud remitida por la Municipalidad Provincia de Bagua Oficio N° 258-2023-MPB-A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por deslizamiento y flujo de detritos en las localidades de Espital, Chullo y Naranjos, cuya ocurrencia es periódica y latente durante las temporadas de lluvias, el último evento ocurrido en mayo del 2023.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los ingenieros Luis León y Elvis Alcántara, quienes realizaron la evaluación de peligros en las localidades mencionadas.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Provincial de Bagua, Gobierno Regional de Amazonas, e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por deslizamiento y flujo de detritos que se presentan en las localidades de Espital, Chullo y Naranjos, eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, obras de infraestructura y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Emitir las recomendaciones para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que incluye a las localidades de Espital, Chullo y Naranjos, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- Boletín N° 56 Serie A, “Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar” (Sánchez, A., 1995) donde describen las unidades geológicas de la localidad de Espital a una escala 1:100 000; que corresponden a arcillas fosilíferas y calizas margosas del Grupo Quilquiñán (Ks-qu) y calizas margosas del Grupo Pulluicana (Ks-pu).
- Boletín N° 57 Serie A, “Geología de los cuadrángulos de Río Santa Agueda, San Ignacio, Aramango” (De la Cruz, N., 1995) donde se describe la unidad geológica de la localidad de Naranjos a una escala 1:100 000; que corresponde a calizas del Grupo Pulluicana (Ks-pu).
- Boletín N° 62 Serie A, “Geología del cuadrángulo de Jaén” (Sánchez et al., 1996) donde se describe la unidad geológica de la localidad de Chullo a una escala 1:100 000; que corresponde a arcillas fosilíferas y calizas margosas del Grupo Quilquiñán (Ks-qu).
- Boletín N° 49 Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Amazonas (Medina et al., 2009) presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde las localidades de Espital, Chullo y Naranjos se ubican en terrenos con susceptibilidad alta y muy alta ante movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Las áreas evaluadas corresponden a las localidades de Espital, Chullo y Naranjos, que pertenece al distrito de Bagua, provincia Bagua, departamento Amazonas (figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en la tabla 1 (Espital) y en la tabla 2 (Chullo y Naranjos), además de las coordenadas centrales referenciales del evento principal identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio – Espital.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	777720	9389910	-5.514221	-78.493462
2	777720	9389220	-5.520457	-78.493439
3	777070	9389220	-5.520482	-78.499298
4	777070	9389910	-5.514246	-78.499329
Coordenada central de los peligros identificados				
C	777489	9389644	-5.516636	-78.495544

Tabla 2. Coordenadas de las áreas de estudio – Chullo y Naranjos.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
5	777575	9392000	-5.495338	-78.494850
6	777575	9390550	-5.508442	-78.494797
7	776000	9390550	-5.508502	-78.509003
8	776000	9392000	-5.495397	-78.509056
Coordenada central de los peligros identificados				
C	776589	9391341	-5.501329	-78.503723

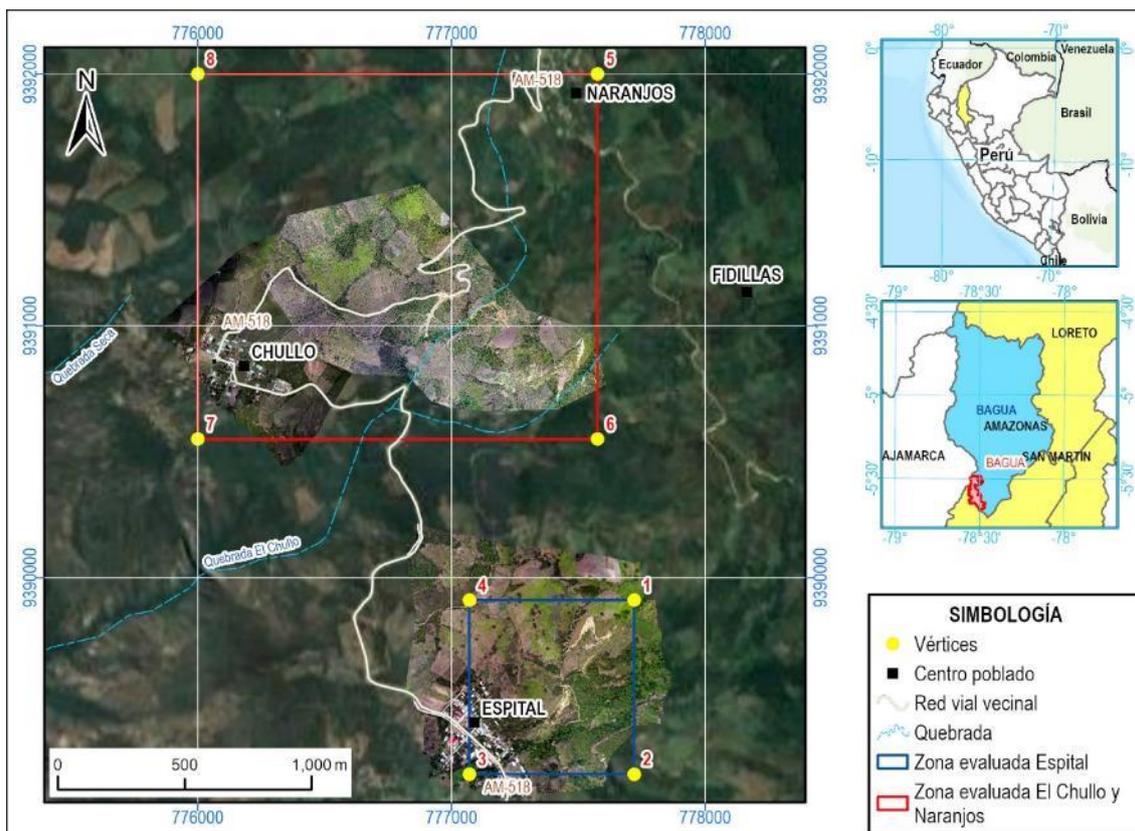


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea azul).

1.3.2. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre a través de las vías nacionales asfaltadas PE-08B, PE-08C, PE-5N y PE-5NC y por la vía vecinal afirmada AM-517; tal como se detalla en la siguiente ruta (tabla 3, figura 2):

Tabla 3. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Chachapoyas – Acerillo	Asfaltada	166	3 horas 20 minutos
Acerillo – Espital	Afirmada	10	20 minutos

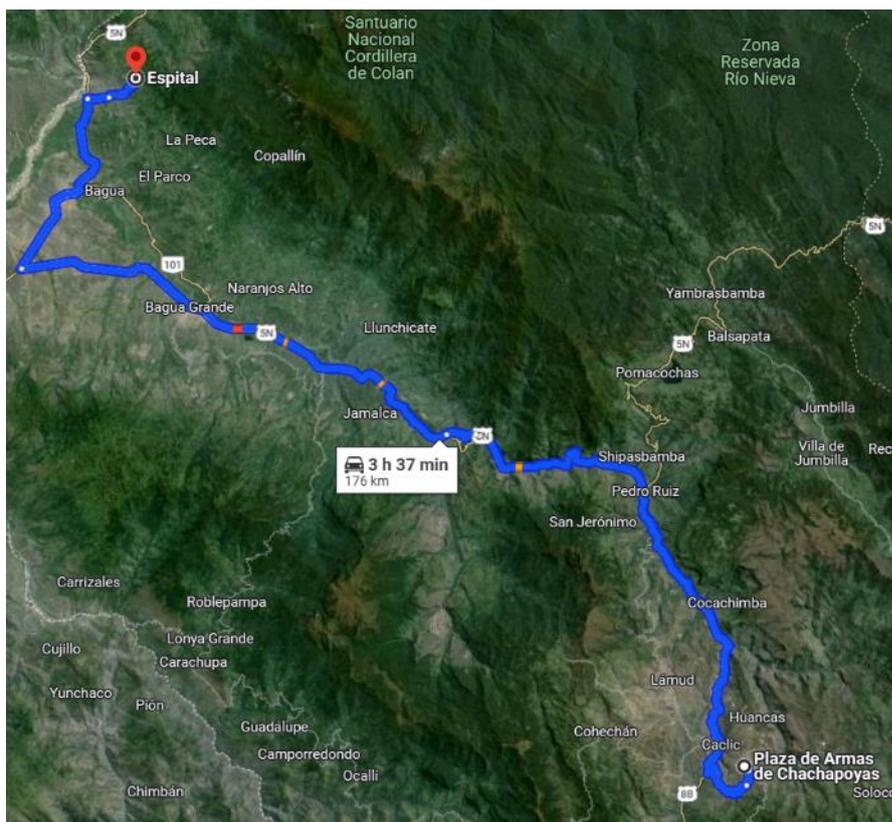


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Chachapoyas hasta la localidad de Espital. **Fuente:** Google Maps.

1.3.3. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2018), la localidad de Espital, tiene una población de 297 habitantes, distribuidos en 96 viviendas; mientras que Chullo presenta 114 habitantes, distribuidos en 40 viviendas, y Naranjos tiene 188 habitantes, distribuidos en 78 viviendas. Las tres localidades cuentan con acceso a red pública de agua y energía eléctrica pero no de desagüe.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año, templado (C (r) B'), con una temperatura máxima promedio de hasta 25°C, una temperatura mínima promedio desde 7°C y una precipitación anual entre 700 a 2 000 mm.

Entre los años 2017-2024, los meses de enero – marzo, el sector evaluado pudo registrar precipitaciones pluviales que superan los 50 mm/día (figura 3), considerados por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).

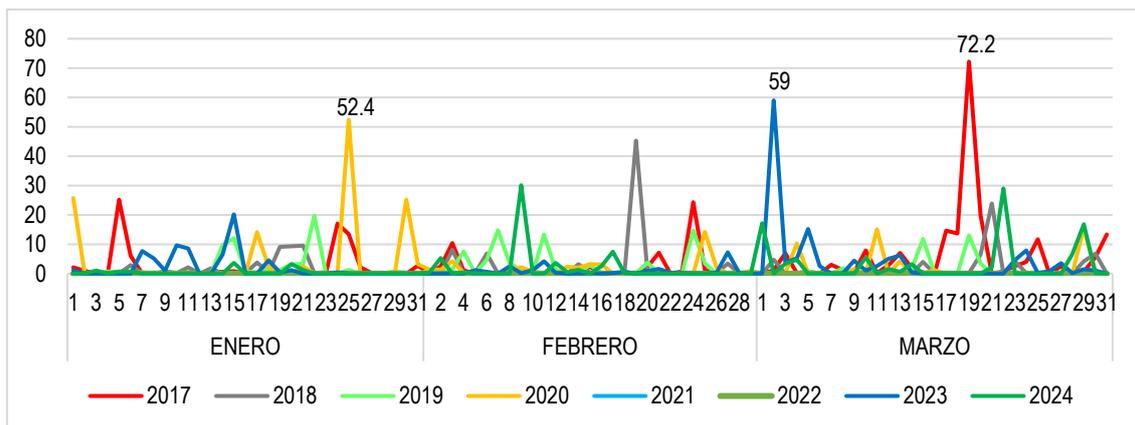


Figura 3. Precipitación diaria del mes de enero a marzo entre los años 2017-2024, en la Estación Bagua Chica. **Fuente:** Senamhi.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA:GCA, 2007); donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

Actividad: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

Activo: Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

Agrietamiento: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

Arcilla: Suelo con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad; muy influenciados por el agua en su comportamiento.

Aluvial: Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

Coluvio-deluvial: Forma de terreno o depósito formado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), los cuales se encuentran interestratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o tracción.

Deslizamiento: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

Deslizamiento rotacional: Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

Detonante: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

Escarpe o escarpa: Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

Factor condicionante: Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

Factor detonante: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

Flujo: Movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Existen tipos de flujos como flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), avalanchas de rocas y detritos, crecida de detritos, flujos secos y lahares (por actividad volcánica).

Flujo de detritos (huaico): Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

Formación geológica: Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por presentar propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Inactivo latente: Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

Meteorización: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

Movimiento en masa: Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.

Peligro o amenaza geológica: Proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Reactivado: Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de tiempo.

Retrogresivo: Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

Saturación: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

Susceptibilidad: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

Talud: Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

Velocidad: Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante ya que ésta se relaciona con la intensidad del evento y la amenaza que puede significar. De acuerdo con Cruden y Varnes (1996), las escalas de velocidades corresponden a: extremadamente lenta, muy lenta, lenta, moderada, rápida, muy rápida y extremadamente rápida.

Zonas críticas: Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la revisión y actualización de los cuadrángulos de Bagua Grande (A. Sánchez Fernández, 1995), San Ignacio (De la Cruz, 1995) y Jaén (A. W. Sánchez Fernández et al., 1996); además del reciente cartografiado a escala 1:50 000 (Ingemmet, 2022) donde se tienen principalmente calizas y lutitas calcáreas de los grupos Quilquiñán y Pulluicana. La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo (mapa 1 y 2).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Comprenden unidades sedimentarias del Cretácico y depósitos inconsolidados del Cuaternario, producto de movimientos en masa.

3.1.1. Grupo Pulluicana (Ks-pu)

Está conformada por secuencias de calizas wackestone de alto contenido en carbonato de calcio, medianamente fracturados y moderadamente meteorizados (fotografía 1). Esta unidad suprayace concordantemente al Grupo Quilquiñán.

Esta unidad se encuentra en las partes altas de la localidad de Espital y en la localidad de Naranjos.

La resistencia geológica de sus macizos rocosos de moderada a alta, reflejado en una resistencia a la compresión uniaxial (tabla 4) de entre 50 a 100 MPa y un Índice Geológico de Resistencia (Hoek, 2007) de entre 50 a 60 (figura 4).

3.1.2. Grupo Quilquiñán (Ks-qu)

Comprende una secuencia de lutitas calcáreas pardo amarillentas, intercaladas con delgados estratos de calizas mudstone con abundante fauna fósil de un ambiente sedimentario marino somero; estos macizos rocosos se encuentran muy fracturados y altamente meteorizados (fotografía 2).

Esta unidad aflora en las localidades Espital y Chullo, formando terrenos con pendiente modera a fuerte (5° a 25°) con relieve suave.

La resistencia geológica de sus macizos rocosos es baja, reflejado en una resistencia a la compresión uniaxial (tabla 4) de entre 25 a 50 MPa y un Índice Geológico de Resistencia (Hoek, 2007) de entre 30 a 40 (figura 4).



Fotografía 1. Bloque de calizas wackestone del Grupo Pulluicana (izquierda) y muestra de mano de esta unidad (derecha). **Ubicación: E: 777185; N: 9389289.**



Fotografía 2. Macizo de calizas en estratos delgados intercaladas con lutitas calcáreas del Grupo Quilquiñán (izquierda) y muestra de mano de esta unidad (derecha). **Ubicación: E: 776736, N: 9390715.**

Tabla 4. Estimaciones de la resistencia a la compresión uniaxial; medianamente fuerte para el Grupo Quilquiñán (Ks-qu) y Fuerte para el Grupo Pulluicana (en verde). **Fuente:** Hoek, 2007

Grado	Término	Estimación en campo de la resistencia	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)
R6	Extremadamente fuerte	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	>250
R5	Muy fuerte	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100-250
R4	Fuerte	La muestra se rompe con más de un golpe del martillo	50-100
R3	Medianamente fuerte	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25-50
R2	Débil	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5-25
R1	Muy débil	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1-5
R0	Extremadamente débil	Se raya con la uña	0.25-1

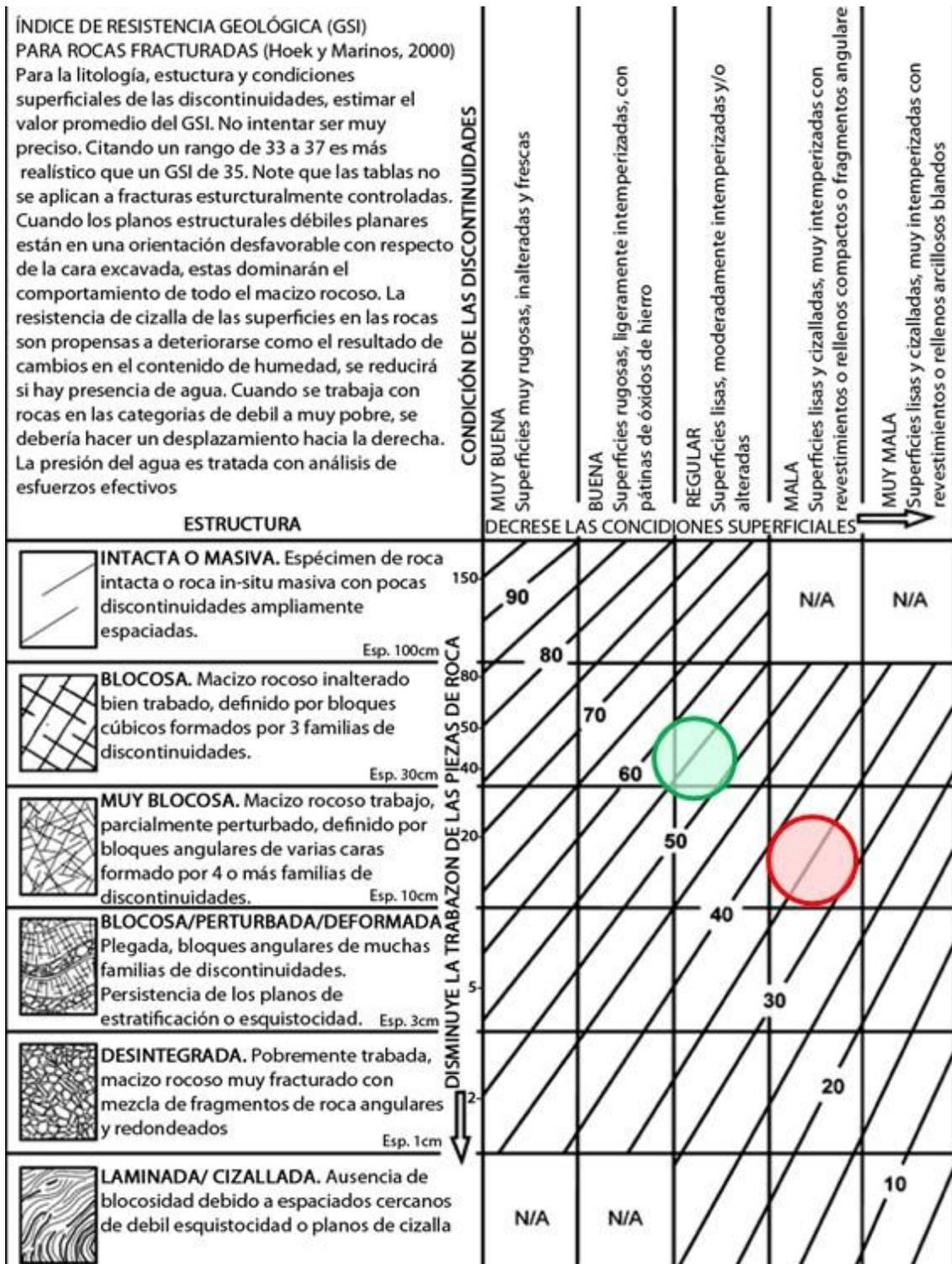


Figura 4. Estructura y calidad de las discontinuidades de los macizos rocosos del Grupo Quilquiñán, GSI promedio de entre 30 a 40 (en círculo rojo) y del Grupo Pulluicana, GSI promedio de entre 50 a 60 (en círculo verde). **Fuente:** Tabla del Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

3.1.3. Depósitos del Cuaternario

Depósito coluvio deluvial (Q-cd)

Son suelos acumulados por movimientos en masa recientes, con composición de arcillas de alta plasticidad a gravas con arcillas, además de poseer bloques sub redondeados a sub angulosos de calizas mudstone o wackestone, provenientes de los grupos Quilquiñán y Pulluicana (fotografía 3 y tabla 5).



Fotografía 3. Depósito coluvio ubicado en la zona de deslizamiento activo en la localidad de Espital. **Ubicación: E: 777433, N: 9389572.**

Tabla 5. Descripción de formaciones superficiales. **Ubicación: E: 777433, N: 9389572.**

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES					
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	Bolos	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado
<input checked="" type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	<input type="checkbox"/>	5	<input checked="" type="checkbox"/>	Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub redondeado
<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	<input type="checkbox"/>	20	<input type="checkbox"/>	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	<input type="checkbox"/>	10	<input type="checkbox"/>	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub anguloso
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	Arenas				
<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	<input type="checkbox"/>	15	<input type="checkbox"/>	Limos				
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	<input type="checkbox"/>	40	<input type="checkbox"/>	Arcillas				

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLOGÍA	
<input checked="" type="checkbox"/>	Alta plasticidad	<input type="checkbox"/>	Masiva	<input checked="" type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Med. plasticidad	<input checked="" type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input checked="" type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Baja plasticidad	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Áspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
<input type="checkbox"/>	No plástico							<input checked="" type="checkbox"/>	Sedimentarios

SUELOS FINOS		COMPACIDAD				CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.			
Limos y Arcillas		SUELOS GRUESOS				SUELOS GRUESOS		SUELOS FINOS	
<input type="checkbox"/>	Blanda	Arena				<input type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	ML
<input checked="" type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Gravas	<input type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	CL
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	OL
		<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Med. consolidada	<input type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	PT
				<input type="checkbox"/>	Consolidada			<input checked="" type="checkbox"/>	MH
				<input type="checkbox"/>	Muy consolidada			<input type="checkbox"/>	CH
								<input type="checkbox"/>	OH

Depósito proluvial (Q-pr)

Son depósitos producidos por flujos de detritos que se encuentran en los cauces de quebradas de los sectores evaluados. Está constituido por arcillas y limos en la parte más lejana; mientras que presenta más contenido de bloques y cantos en la parte próxima a la fuente del flujo de detritos.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Las características geomorfológicas se determinaron a partir de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Amazonas. También se utilizó imágenes y modelos digitales de elevación detallados, obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1/5 000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La localidad de Espital presenta elevaciones que van desde los 816 m hasta los 1149 m, en los cuales se distinguen 7 niveles altitudinales (figura 5). El área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes de 950 y 1050 m, con terrenos de pendiente promedio de fuerte a muy fuerte (15° a 45°), correspondiente a una geoforma de montaña en roca sedimentaria.

Las localidades de Chullo y Naranjos presentan elevaciones que van desde los 849 m hasta los 1335 m, en los cuales se distinguen 10 niveles altitudinales (figura 6). El área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes de 1050 y 1150 m, con terrenos de pendiente promedio de fuerte a muy fuerte (15° a 45°), correspondiente a una geoforma de montaña en roca sedimentaria.

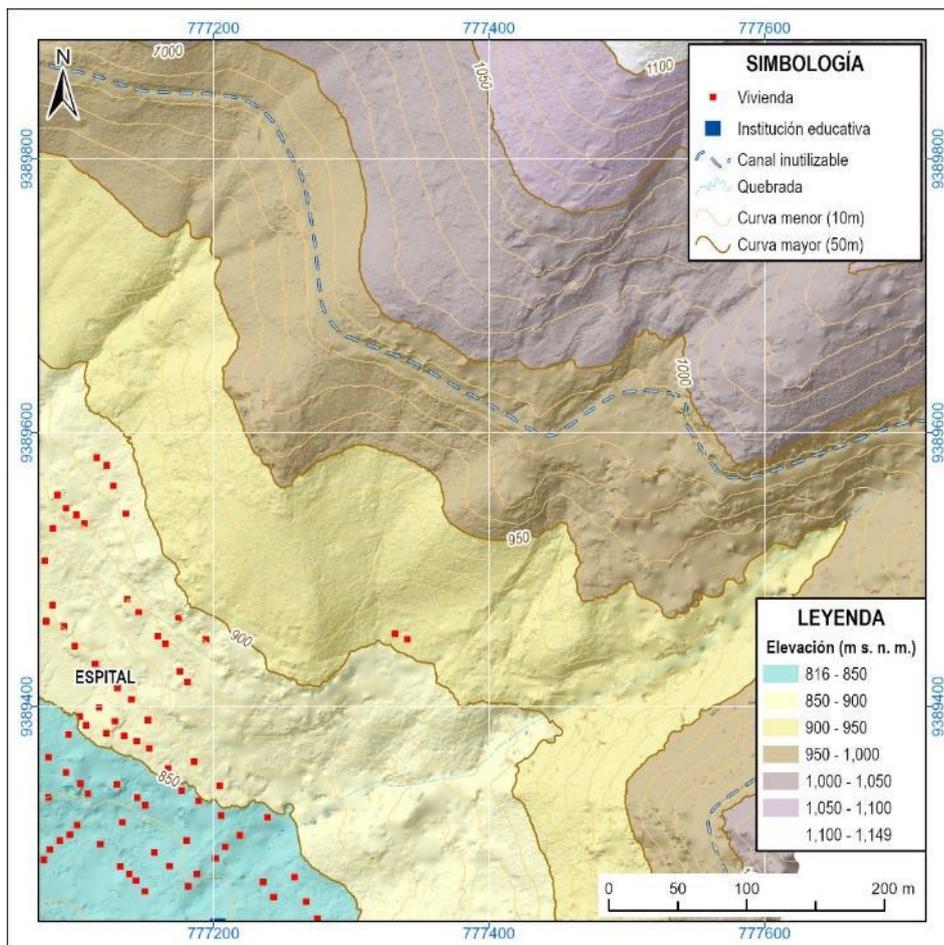


Figura 5. Modelo digital de elevaciones de la localidad de Espital.

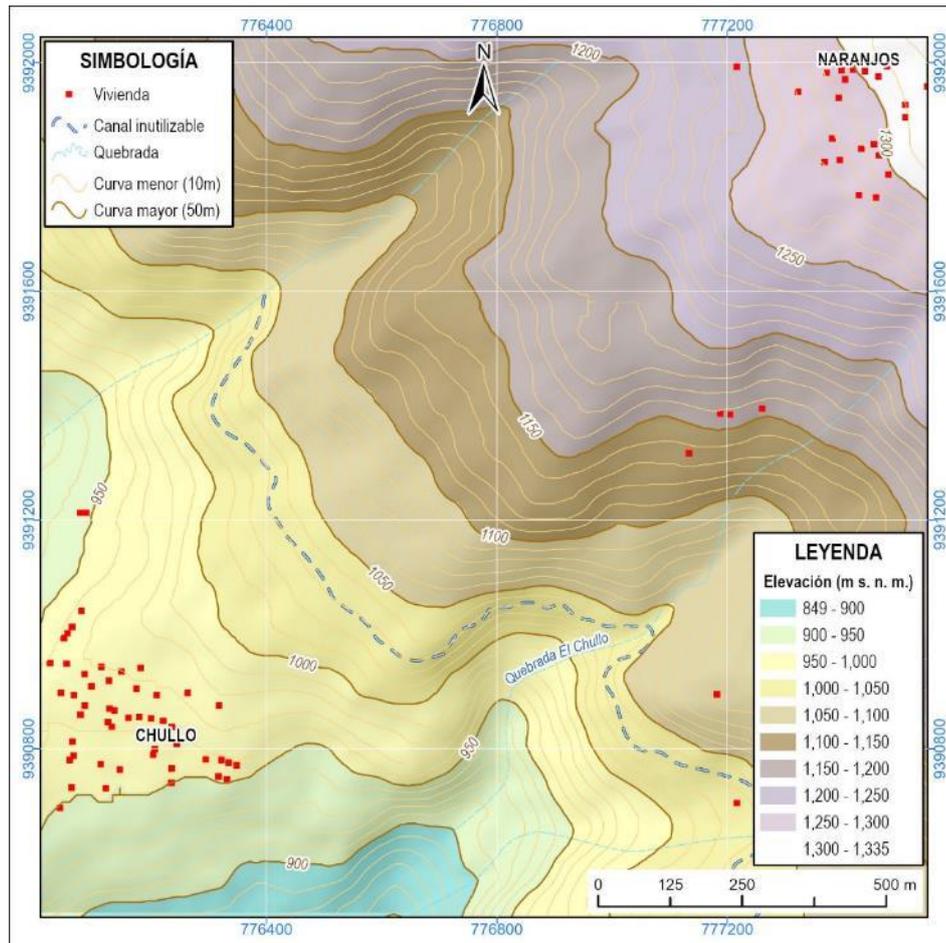


Figura 6. Modelo digital de elevaciones de las localidades de Chullo y Naranjos.

4.2. Pendiente del terreno

Los sectores evaluados (Espital, Chullo y Naranjos) se ubican en terrenos con pendiente moderada (5° a 15°); pero también se distinguen laderas de montañas con pendientes de fuertes a muy escarpadas ($>15^\circ$), en las partes altas de los sectores evaluados (figura 7; mapa 3 y 4).

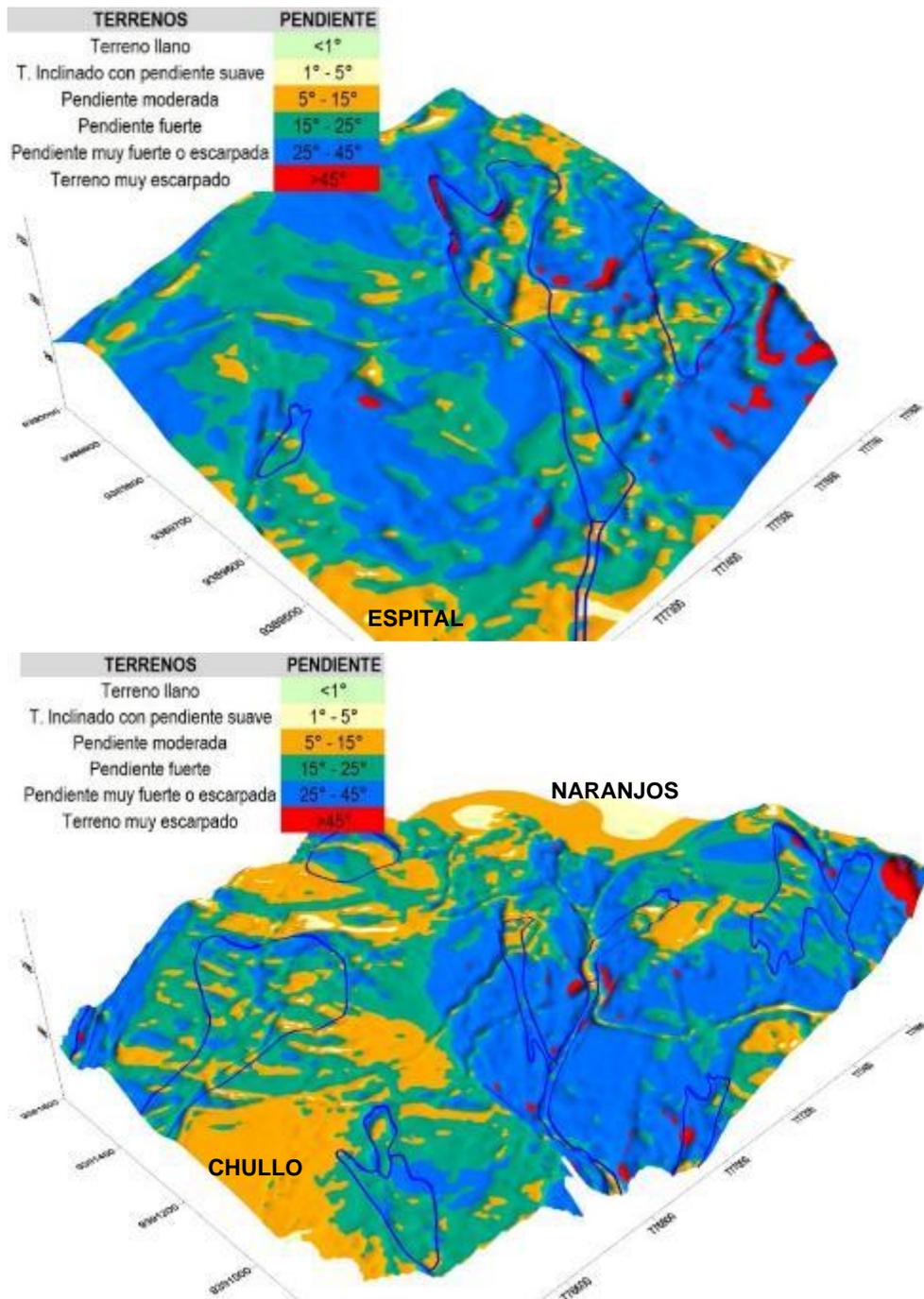


Figura 7. Modelo 3D de las pendientes de las localidades de Espital (arriba) y Chullo y Naranjos (abajo), los sectores con movimientos en masa están delimitado en línea azul.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geofomas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña en roca sedimentaria y montaña estructural en roca sedimentaria), como de carácter deposicional y agradacional (vertiente con depósito de deslizamiento y piedemonte proluvial); los cuales se grafican en la figura 8 y en los mapas 5 y 6.

4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales. Estos procesos conducen a la modificación parcial o total de ellos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Unidad de montaña

Corresponde a unidades mayores a los 300 m respecto al nivel de base local. Se reconocen cimas o cumbres agudas, subagudas, semi redondeadas, redondeadas o tubulares y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, otros). Sus laderas presentan pendiente promedio superior al 17° (Villota, 2005).

- **Sub unidad de montaña estructural en roca sedimentaria (ME-rs)**

Corresponde a los terrenos ubicados en las partes altas de las zonas evaluadas, donde las laderas presentan pendientes escarpadas a muy escarpadas (>25°), debido a la alta resistencia geológica de las unidades infrayacentes.

- **Sub unidad de montaña en roca sedimentaria (M-rs)**

Se ubican en las partes medias y bajas de las zonas evaluadas, donde los macizos rocosos infrayacentes presentan una menor resistencia geológica, por lo que muestran un relieve más suave y pendientes de moderadas a fuertes (5° a 25°).

4.3.2. Unidades de carácter depositacional y agradacional

Son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos determinados por fuerzas de desplazamiento y por agentes móviles. Tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de terrenos más elevados.

Unidad de Piedemontes

- **Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)**

Son terrenos de deslizamientos recientes, por lo que se denota la morfología de estos movimientos en masa, con una parte superior hundida y de alta pendiente y un sector inferior de pendiente baja, con alzamiento debido a la acumulación de los suelos.

- **Subunidad de piedemonte proluvial (P-pral)**

Estas geoformas se ubican en los cursos de quebradas por donde recorren esporádicamente flujos de detritos, los cuales depositan suelos de variada composición granulométrica. La pendiente de estos terrenos va de suave a moderada (1° a 15°).



Figura 8. Geoformas cartografiadas en las localidades de Espital (arriba), Chullo y Naranjos (abajo): Montaña en roca sedimentaria (M-rs), vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) y piedemonte proluvial (P-pral).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamiento rotacional y flujos de detritos (figura 9) (PMA:GAC 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geomorfología del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como detonantes de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona; además de los eventos sísmicos que se puedan generar.

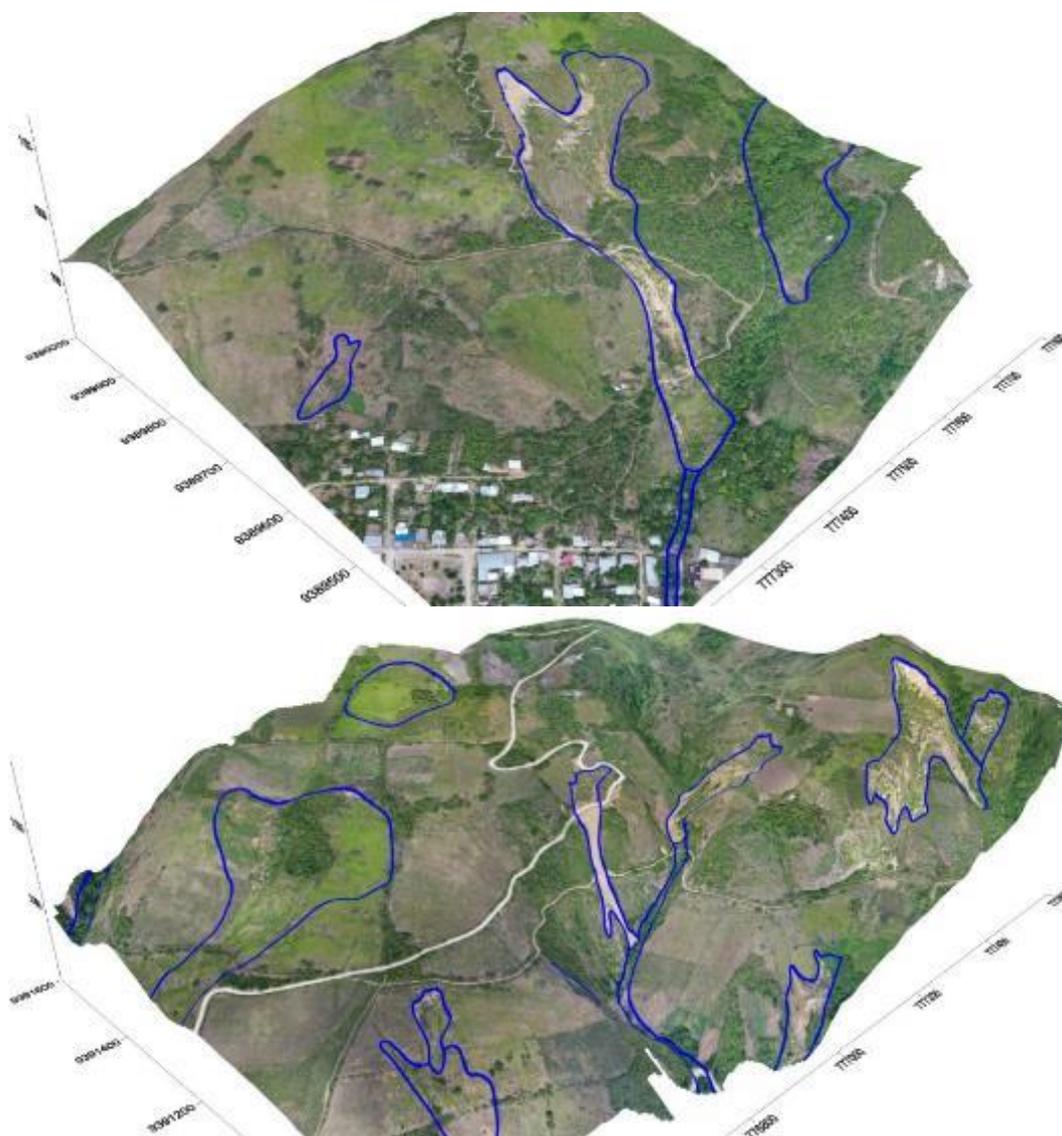


Figura 9. Vista de los sectores afectados por movimientos en masa (delimitados en línea azul) en las localidades de Espital (arriba), Chullo y Naranjos (abajo).

5.1. Deslizamientos en la localidad de Espital

Se han identificado 4 deslizamientos rotacionales activos y uno inactivo latente; cuyas características geodinámicas se describen a continuación.

5.1.1. Deslizamiento DA-1

Este deslizamiento se desencadenó en junio del 2023, producto de las intensas precipitaciones pluviales registradas durante la temporada de lluvias (COEN, 2023b), afectando un canal de irrigación y tuberías del sistema de agua potable que abastece a las localidades de Espital y Chullo (figura 10).



Figura 10. Estado del deslizamiento DA-1 ubicado en las partes altas de la localidad de Espital.

En la figura 11, se muestra el perfil longitudinal a lo largo del cuerpo del deslizamiento D-1 en la localidad de Espital, donde se aprecia el terreno con pendiente fuerte a muy fuerte y la disposición de las unidades geológicas.

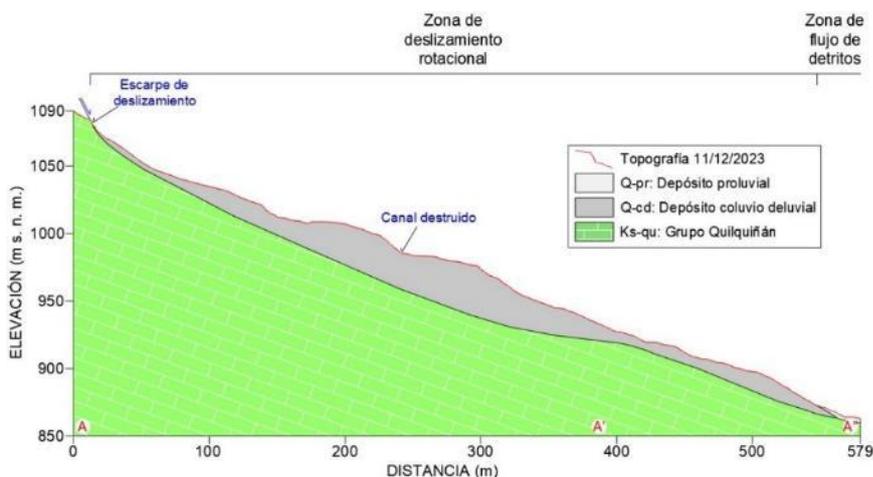


Figura 11. Perfil A-A'-A'', donde se aprecia la distribución del cuerpo del deslizamiento DA-1 y sus componentes.

En la figura 12, se muestra el escarpe principal del deslizamiento DA-1, cuya longitud alcanza 640 m y posee un salto vertical de entre 2 a 10 m. Afecta terrenos de pastoreo.



Figura 12. Escarpe principal del deslizamiento DA-1 (en línea amarilla) durante las actividades en campo. **Ubicación:** E: 777497; N: 7389727.

En la figura 13 se aprecia la parte baja del deslizamiento, donde se presentan 3 viviendas en peligro por su cercanía a este peligro, el movimiento termina en el cauce de una quebrada, desde donde se pueden generar flujos de detritos a partir de los suelos sueltos acumulados, en condiciones de lluvias intensas y prolongadas.



Figura 13. Parte baja del deslizamiento DA-1 (delimitado en línea amarilla) donde se aprecian viviendas cercanas en peligro.

Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional.
- Estado: Activo.
- Estilo: Único.
- Distribución: Retrogresivo.
- Deformación del terreno: Escalonado.
- Velocidad: Moderado (alcanza algunos metros al año, según reporte del COE local).
- Composición: Depósito coluvio-deluvial conformado por suelos arcillo limosos de plasticidad media a alta (tabla 5).

Morfometría

- Área: 4.56 ha.
- Perímetro: 1 543 m.
- Diferencia de alturas corona-punta: 217 m.
- Longitud horizontal: 540 m.
- Pendiente promedio del terreno: pendiente fuerte (22°).
- Dirección del movimiento: Azimut 203° (NE-SO).
- Salto vertical de la escarpa principal: 10 – 30 m.
- Apertura del escarpe principal: 5 m.
- Longitud del escarpe principal: 641 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos poco consolidados de composición arcillo limosa de moderada a alta plasticidad.
- Ladera de pendiente escarpada a muy escarpada (>25°), que conforman geofoma de vertiente con depósito de deslizamiento.
- Abundante humedad propia de la zona.

Factores antrópicos

- Regadío inadecuado de cultivos (por inundación).
- Ausencia de drenajes adecuados.
- Deforestación

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas durante la temporada de lluvias enero-marzo del 2023 que alcanzaron los 72.2 mm/día (figura 3).

Daños ocasionados y probables

- 2 ha de terrenos de cultivos afectados.
- 500 m de sistema conducción de agua de consumo afectados.
- 120 m de canal de regadío afectado.
- 2 viviendas en peligro ladera abajo.

5.1.2. Deslizamiento DA-2

Este deslizamiento se generó entre mayo y junio del 2023, debido a las intensas precipitaciones registradas en la zona durante la temporada de lluvias; tiene dimensiones menores que el deslizamiento DA-1 y solo afecta terrenos de cultivo, sin embargo, se han registrado 3 viviendas ubicadas en la parte baja de la ladera que podrían ser afectadas de seguir el movimiento (figura 14).



Figura 14. Deslizamiento DA-2 en diciembre del 2023, se muestran 3 viviendas en la parte baja en peligro.

En la figura 15, se muestra el perfil longitudinal a lo largo del cuerpo del deslizamiento DA-2 en la localidad de Espital, donde se aprecia el terreno con pendiente fuerte a muy fuerte y la disposición de las unidades geológicas.

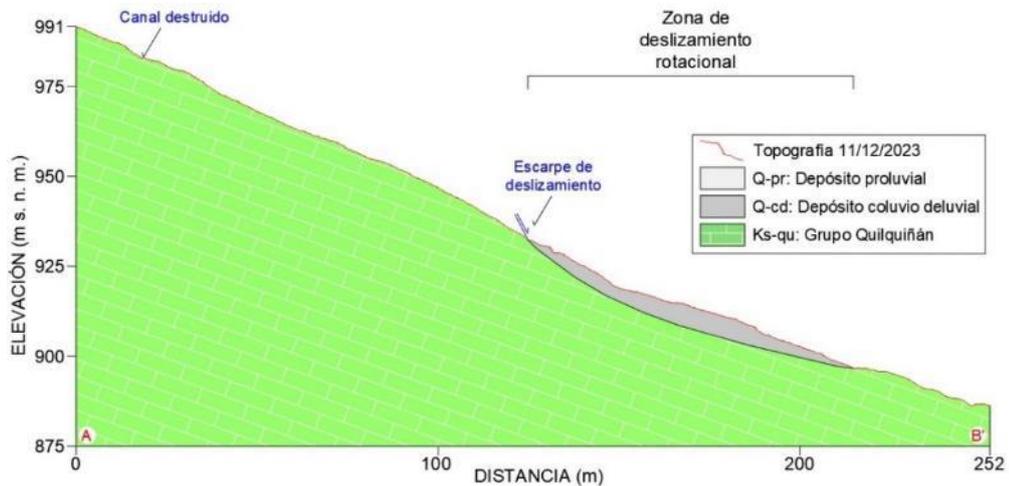


Figura 15. Perfil B-B', donde se aprecia la distribución del cuerpo del deslizamiento DA-2 y sus componentes.

En la figura 16 se muestra la parte superior del deslizamiento donde se ubican cultivos de maíz que son irrigados por inundación, además se distingue la deforestación de la cobertura arbustiva original del sector para dar paso a terrenos de pastoreo y cultivos; también se aprecia el escarpe principal del deslizamiento y su amplitud.



Figura 16. Parte superior del deslizamiento DA-2 donde se aprecia el escarpe principal y cultivos de maíz en la parte alta de la zona.

En la figura 17 se aprecia la parte baja del deslizamiento DA-2, mostrando las viviendas en peligro asentadas en la parte baja del movimiento, además del casco urbano de la localidad de Espital.



Figura 17. Parte inferior del deslizamiento DA-2 donde se aprecia el pie del deslizamiento, además de las viviendas en peligro ubicadas en la parte baja del sector.

Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional.
- Estado: Activo.
- Estilo: Único.
- Distribución: Retrogresivo.
- Deformación del terreno: Escalonado.
- Velocidad: Moderado (alcanza algunos metros al año, según reporte del COE local).
- Composición: Depósito coluvio-deluvial conformado por suelos arcillo limosos de plasticidad media a alta (tabla 5).

Morfometría

- Área: 3 002 m².
- Perímetro: 310 m.
- Diferencia de alturas corona-punta: 41 m.
- Longitud horizontal: 95 m.
- Pendiente promedio del terreno: pendiente fuerte (23°).
- Dirección del movimiento: Azimut 240° (SO-NE).
- Salto vertical de la escarpa principal: 1 – 3 m.
- Apertura del escarpe principal: 0.5 – 1 m.
- Longitud del escarpe principal: 98 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos poco consolidados de composición arcillo limosa de moderada a alta plasticidad.
- Ladera de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), que conforman geofoma de vertiente con depósito de deslizamiento.
- Abundante humedad subterránea propia de la zona

Factores antrópicos

- Regadío inadecuado de terrenos de cultivos (por inundación).
- Ausencia de drenajes adecuados.
- Deforestación

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas durante la temporada de lluvias enero-marzo del 2023 que alcanzaron los 72.2 mm/día (figura 3).

Daños ocasionados y probables

- 2000 m² de terrenos de pastoreo afectados.
- 3 viviendas que pueden ser afectadas.

5.2. Deslizamientos en la localidad de Chullo y Naranjos

En las localidades de Chullo y Naranjos se han cartografiado 8 deslizamientos rotacionales activos y 4 inactivos latentes. La mayoría de estos solo afectan terrenos con pastos naturales. Los principales se describen a continuación.

5.2.1. Deslizamiento DA-3

Este deslizamiento se ubica entre las localidades de Chullo y Naranjos, afecta principalmente la vía vecinal AM-518. Su más reciente activación fue en abril del 2023 (COEN, 2023a).

En la figura 18 se muestra el área afectada por el deslizamiento DA-3, principalmente 125 m la vía AM-518, también afecta el canal de irrigación en 30 m cuya distribución se detalla en el perfil longitudinal de la figura 19, donde también se aprecian las calizas de los grupos Pullucana y Quilquiñán que están cubiertos con los suelos arcillo limosos del depósito coluvio deluvial.



Figura 18. Estado del deslizamiento DA-3 ubicado entre las localidades de Chullo y Naranjos.

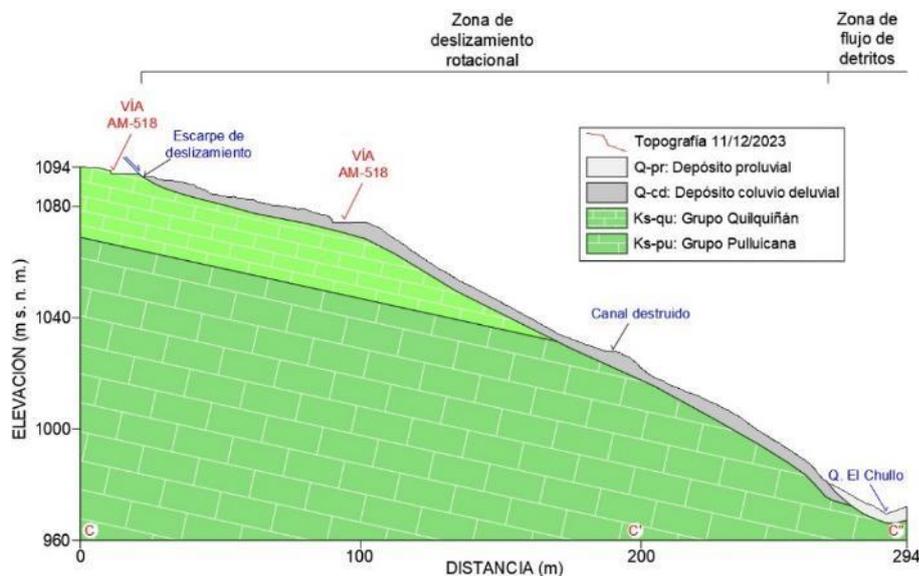


Figura 19. Perfil C-C'-C'', donde se aprecia la distribución del cuerpo del deslizamiento DA-1 y sus componentes.

Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional.
- Estado: Activo.
- Estilo: Único.
- Distribución: Retrogresivo.
- Deformación del terreno: Escalonado.
- Velocidad: Moderado (según reporte del COE local).
- Composición: Depósito coluvio-deluvial conformado por suelos arcillo limosos de plasticidad media a alta (tabla 5).

Morfometría

- Área: 0.76 ha.
- Perímetro: 718 m.
- Diferencia de alturas corona-punta: 111 m.
- Longitud horizontal: 253 m.
- Pendiente promedio del terreno: pendiente fuerte (23.7°).

- Dirección del movimiento: Azimut 213° (NE-SO).
- Salto vertical de la escarpa principal: 1 – 2 m.
- Apertura del escarpe principal: 0.5 m.
- Longitud del escarpe principal: 118 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos poco consolidados de composición arcillo limosa de moderada a alta plasticidad.
- Ladera de pendiente escarpada a muy escarpada (>25°), que conforman geofoma de vertiente con depósito de deslizamiento.
- Abundante humedad propia de la zona.

Factores antrópicos

- Corte de las laderas para el trazado de vías.
- Ausencia de drenajes adecuados.
- Deforestación.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas durante la temporada de lluvias enero-marzo del 2023 que alcanzaron los 72.2 mm/día (figura 3).

Daños ocasionados y probables

- 125 m de la vía AM-518 afectados.
- 30 m de canal de regadío afectados.

5.2.2. Deslizamiento DI-1

Este deslizamiento inactivo se ubica al norte de la localidad de Chullo y afecta terrenos de cultivo y un canal de regadío. Su dirección de movimiento es de este a oeste, alejándolo del casco urbano de la localidad de Chullo (figura 20).



Figura 20. Vista del deslizamiento DI-1, ubicado al norte de la localidad de Chullo.

Si no se implementan medidas de control de riesgos, se podrían generar reactivaciones al movimiento, que incrementasen el área de impacto, afectando a la vía AM-518, la cual se ubica a 8 m del cuerpo actual del deslizamiento.

Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional.
- Estado: Inactivo - latente.
- Estilo: Único.
- Distribución: Retrogresivo.
- Deformación del terreno: Escalonado.
- Velocidad: Moderado (alcanza algunos metros al año, según reporte del COE local).
- Composición: Depósito coluvio-deluvial conformado por suelos arcillo limosos de plasticidad media a alta.

Morfometría

- Área: 8.99 ha.
- Perímetro: 1 740 m.
- Diferencia de alturas entre corona-punta: 228 m.
- Longitud horizontal: 698 m.
- Pendiente promedio del terreno: pendiente fuerte (18°).
- Dirección del movimiento: Azimut 263° (E-O).
- Salto vertical de la escarpa principal: 1 – 2 m.
- Apertura del escarpe principal: 0.5 – 1 m.
- Longitud del escarpe principal: 343 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos poco consolidados de composición arcillo limosa de moderada a alta plasticidad.
- Ladera de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), que conforman geoforma de vertiente con depósito de deslizamiento.
- Abundante humedad propia de la zona.

Factores antrópicos

- Regadío inadecuado de cultivos (por inundación).
- Ausencia de drenajes adecuados.
- Deforestación.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas durante la temporada de lluvias enero-marzo del 2023 que alcanzaron los 72.2 mm/día (figura 3).

Daños ocasionados y probables

- 5 ha de terrenos de cultivos afectados.
- 150 m de canal de regadío afectados.
- 20 m de la vía vecinal AM-518 cercanas en peligro.

5.3. Flujos de detritos

Los flujos de detritos se originaron a partir de los deslizamientos, debido a la sobresaturación de sus depósitos durante precipitaciones intensas, y luego se canalizaron en las quebradas locales.

En la localidad de Espital se presenta una quebrada activa, por donde se generan flujos de detritos, que acarrean limo arcillosos y bloques sub redondeados, los mismos que provienen del deslizamiento DA-1.

Este flujo de detritos pone en peligro la infraestructura del IE 16281 y 15 m de la vía AM-518 (figura 21). El área expuesta abarca 0.23 ha y la altura de los detritos pueden alcanzar los 0.5 m.



Figura 21. Quebrada que surca por la localidad de Espital, donde se encausan flujos de detritos (en línea celeste), además se observa el deslizamiento DA-a en la parte alta de la zona (en línea amarilla).

En las localidades de Chullo y Naranjos en época de precipitaciones intensas, se presentan flujos de detritos que afectan a la vía AM-518, en el tramo Espital a Chullo; el último evento afectó 50 m de la vía, abarcó un área de 1.8 ha, y alcanzó alturas entre 0.5 a 1 m.



Figura 22. Sector de la vía AM-518, ubicado entre las localidades de Espital y Chullo, afectado por flujos de detritos encausados en quebradas locales (línea celeste), también se observan deslizamientos activos en las partes altas (líneas amarillas).

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de las localidades de Espital, Chullo y Naranjos, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, se emiten las siguientes conclusiones.

6.1. Localidad de Espital

- a. La localidad de Espital está ubicada en laderas de montañas en rocas sedimentarias con pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), donde se presentan deslizamientos y flujos de detritos que afectan viviendas, vías, terrenos de cultivo y pastoreo. Los movimientos en masa generan vertientes con depósito de deslizamiento y de piedemontes proluviales.
- b. Litológicamente, predominan calizas y lutitas calcáreas del Grupo Quilquiñán, que conforman macizos muy fracturados y altamente meteorizados; mientras que los deslizamientos generan depósitos coluvio deluviales poco consolidados de suelos arcillo limosos de mediana a alta plasticidad.
- c. Se han identificado tres deslizamientos rotacionales activos y uno inactivo. Los principales deslizamientos activos son DA-1 y DA-2, que abarcan 4.6 ha y 0.2 ha, respectivamente. Estos han afectado 0.5 km de redes de agua, 2.2 ha de terrenos de cultivo y 120 m de canales de regadío; además puede afectar 3 viviendas.
- d. También se ha determinado un sector expuesto a flujos de detritos, que abarca un área de 0.2 ha y puede alcanzar altura de depósito de 0.5 m; puede afectar infraestructuras del IE 16281 y 15 m de la vía AM-518.
- e. El factor detonante fue las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas producidas durante los meses de enero a marzo, que alcanzaron más de 70 mm/día, según los registros de la estación meteorológica Bagua Chica.
- f. De acuerdo al análisis en el área de impacto por deslizamientos en la localidad de Espital, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera de **Peligro Muy Alto**; mientras que las áreas expuestas a flujos de detritos se consideran de **Peligro Alto**.

6.2. Localidades de Chullo y Naranjos

- a. Las localidades de Chullo y Naranjos, están ubicadas en laderas de montañas estructurales en rocas sedimentarias y montañas en rocas sedimentarias con pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), donde se presentan deslizamientos y flujos de detritos que afectan vías y terrenos de cultivo y pastoreo. Estos movimientos en masa generan vertientes con depósito de deslizamiento y de piedemontes proluviales.

- b. Litológicamente, predominan rocas sedimentarias carbonatadas de calizas y lutitas calcáreas de los grupos Pulluicana y Quilquiñán, que conforman macizos muy fracturados y altamente meteorizados; mientras que los deslizamientos generan depósitos coluvio deluviales poco consolidados de suelos arcillo limosos de mediana a alta plasticidad.
- c. Se han identificado 8 deslizamientos rotacionales activos y 4 inactivos latentes; los principales, DA-3 y DI-1, abarcan 0.76 y 8.9 ha respectivamente y afectan 125 m de la vía AM-518, 5 ha de terrenos de cultivo y 180 m de canal de regadío.
- d. También se identificaron 2 sectores afectados por flujos de detritos que abarcan 1.8 ha, los eventos alcanzaron alturas de 0.5 a 1 m; y afectaron 50 m de la vía vecinal AM-518.
- e. El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas producidas durante los meses de enero a marzo 2023, las mismas que pueden alcanzar más de 40 mm/día, según los registros de la estación meteorológica Bagua.
- f. De acuerdo al análisis en el área de impacto por deslizamientos rotacionales en las localidades de Chullo y Naranjos, distrito Bagua, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera de **Peligro Alto a Muy Alto**; mientras que las áreas expuestas a flujos de detritos se considerad de **Peligro Alto**.

7. RECOMENDACIONES

Las medidas correctivas que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de peligros asociados a deslizamientos y flujos de detritos. Así mismo, la implementación de dichas medidas permitirá darle mayor seguridad a la infraestructura expuesta a los peligros evaluados.

7.1. Transversales a autoridades y población

- a) Difundir los informes técnicos de evaluación de peligros geológicos elaborados por el Ingemmet a las poblaciones y autoridades locales en la influencia de las zonas críticas, en base al “Principio de Oportuna Información” del Sinagerd (Presidencia de la República del Perú, 2023).
- b) Compartir los avisos, alertas y alarmas que pueda consolidar el Centro de Operaciones de Emergencia Regional, en base a la información técnico-científica de las diversas entidades que forman parte del Sinagerd (Presidencia del Consejo de Ministros del Perú, 2021).
- c) Evitar las prácticas que puedan incrementar el peligro por deslizamiento, como la excavación de laderas, deforestación, riego inadecuado, entre otras.

7.2. Ante deslizamientos rotacionales

- a) Construir un sistema de drenaje de coronación en la parte posterior del escarpe principal, a fin de disminuir la saturación del terreno en el cuerpo del movimiento en masa y alrededores.
- b) Sellar y nivelar los escarpes y agrietamientos a fin de evitar la infiltración del agua durante lluvias intensas.
- c) Implementar el monitoreo (geodésico, topográfico, satelital, fotogramétrico, entre otros) del avance del movimiento.
- d) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces profundas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos superficiales.
- e) Sustituir el sistema de riego por inundación a otro tecnificado (goteo, aspersión).

7.3. Ante flujos de detritos

- a) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas.
- b) Canalización de las quebradas.
- c) Construcción de un sistema de drenaje urbano impermeabilizado.
- d) Construcción de defensas ribereñas adecuadas en las bases de las viviendas.
- e) Implementar un Sistema de Alerta Temprana frente a flujos de detritos.



Ing. **BILBERTO ZAVALA CARRIÓN**
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET



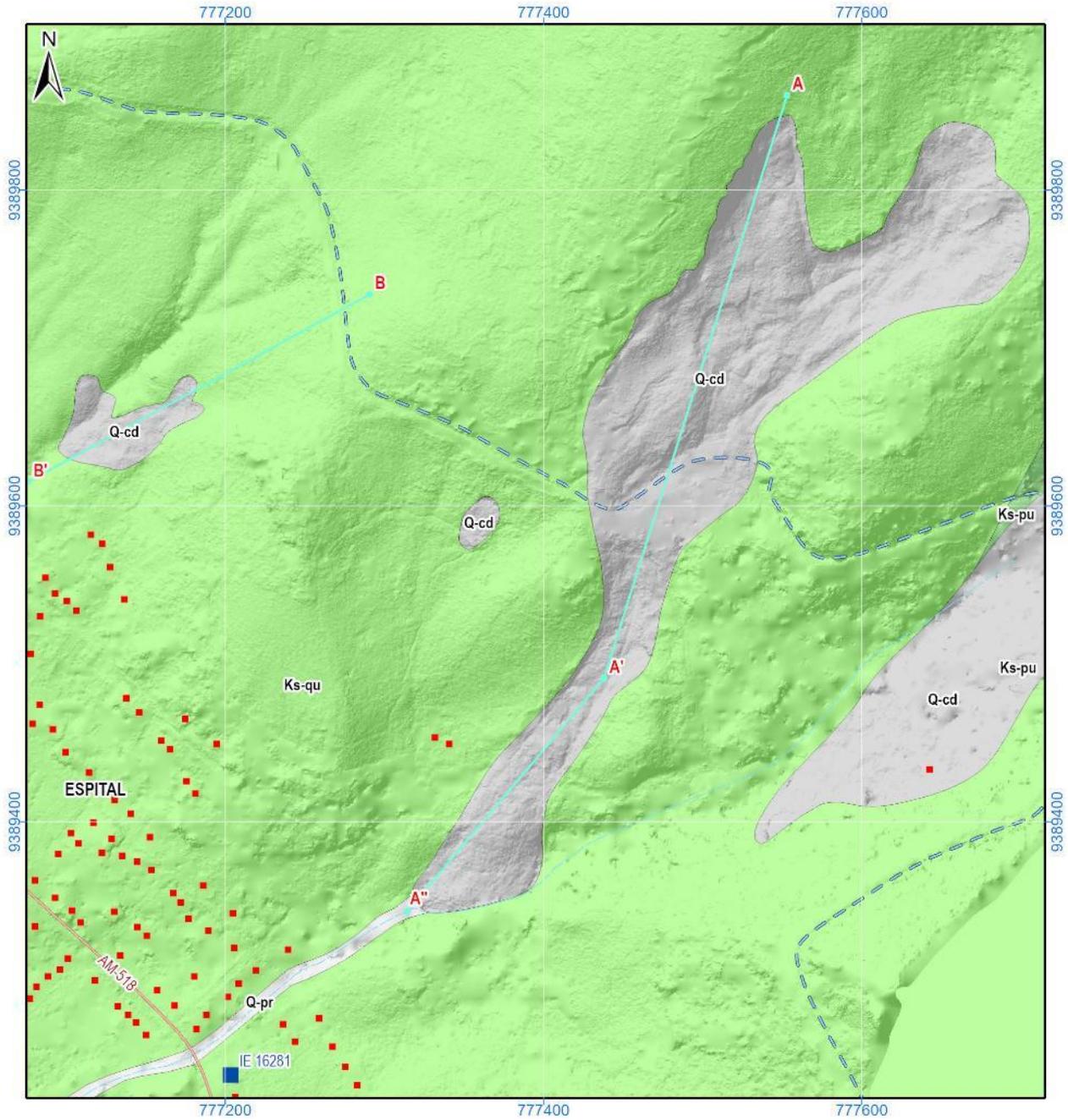
Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11

8. BIBLIOGRAFÍA

- COEN. (2023a). *Deslizamiento en el distrito de Bagua - Amazonas. Reporte Complementario N° 4046*. <https://portal.indeci.gob.pe/emergencias/reporte-complementario-no-3570-7-4-2022-coen-indeci-1247-horas-reporte-n-1-inundacion-en-el-distrito-de-vargas-guerra-loreto/>
- COEN. (2023b). *Deslizamiento en el distrito de Bagua - Amazonas. Reporte Complementario N° 4384*. <https://portal.indeci.gob.pe/emergencias/reporte-preliminar-n-1062-3-5-2023-coen-indeci-2200-horas-deslizamiento-en-el-distrito-de-bagua-amazonas/>
- De la Cruz, J. (1995). *Geología de los cuadrángulos de Río Santa Águeda, San Ignacio y Aramango. Hojas: 10-f, 11-f y 11-g. INGEMMET, Boletín N° 57, Serie A: Carta Geológica Nacional*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/178>
- Hoek, E. (2007). Rock Mass Properties. En *Practical Rock Engineering* (2a ed., pp. 190–236). Rocscience.
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Ingemmet. (2022). *Mapas geológicos integrados 50k versión 2022. Geocatmin*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Medina, L., Vílchez, M. & Dueñas S. (2009). *Riesgo Geológico en la Región Amazonas. Ingemmet Boletín N° 39, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/244>
- Medina, L. (2011). *Inspección técnica de peligros geológicos del Km 254 de la Carretera Fernando Belaunde Terry – Sector El Salao. Provincia Utcubamba, región Amazonas. Ingemmet. Informe Técnico A6571*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1807>
- Medina, L., Moreno, J., & León, L. (2021). *Efectos geológicos asociados al sismo 7.5 Mw del 28 de noviembre 2021 en el departamento de Amazonas. Ingemmet. Informe Técnico A7227*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3622>
- Núñez S., & Sosa, N. (2021). *Represamiento y desembalse del río Utcubamba en el sector Aserradero. Distrito de Jamalca, provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas. Ingemmet. Informe Técnico A7198*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3536>
- PMA:GCA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>

- Sánchez, A. (1995). *Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar*. Ingemmet Boletín N° 56 Serie A. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/178>
- Sánchez, A., Dávila D., & De la Cruz, N. (1996). *Geología del cuadrángulo de Jaén*. Ingemmet Boletín N° 62 Serie A. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/184>
- Senamhi. (2014). *Umbrales y precipitaciones absolutas*.
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Suárez J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes. *In Special Report 176: Landslides: Analysis and control* (Eds: Schuster, R.L and Krizek, R.J), *Transportation and Road research board*, 9–33.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

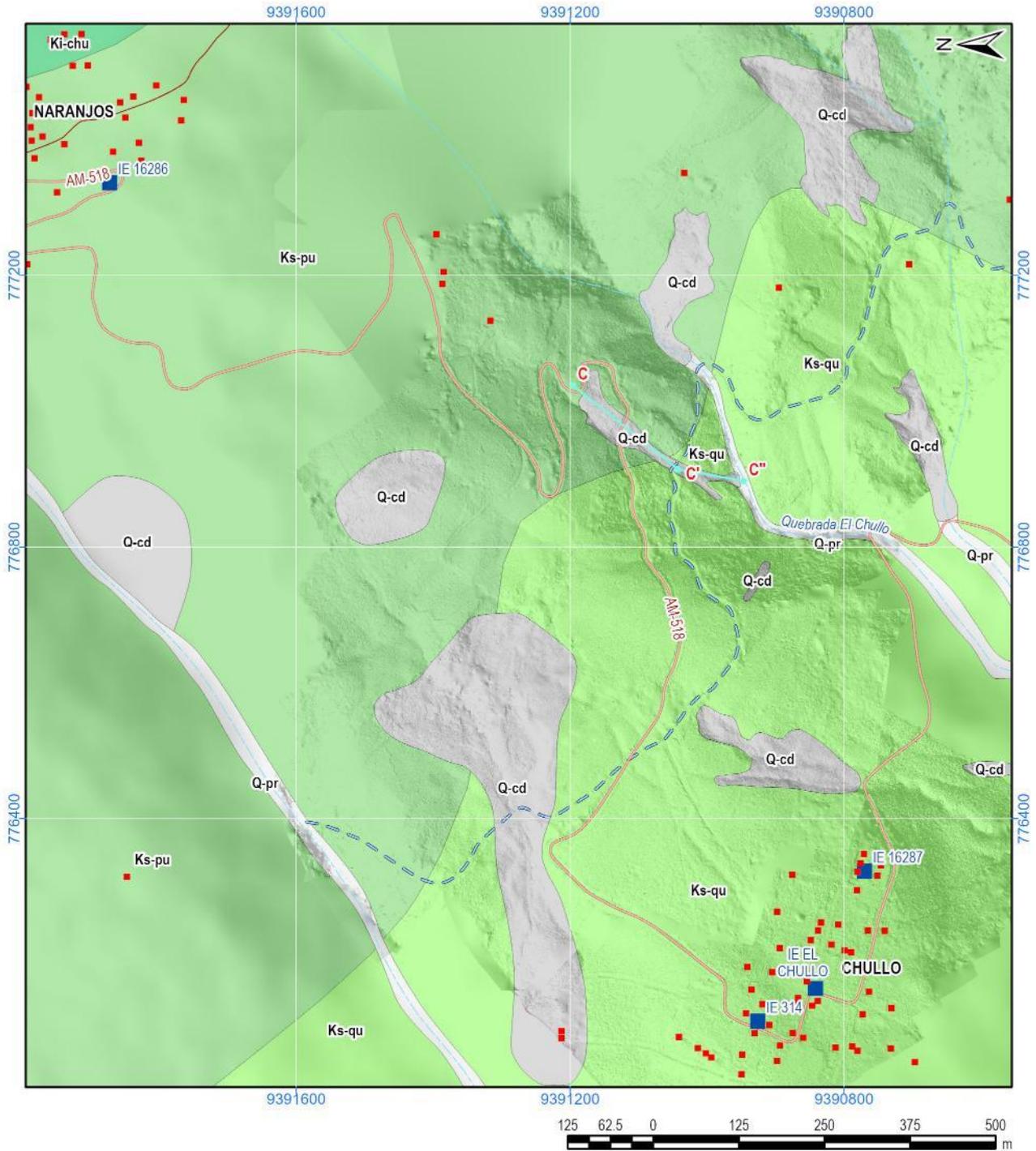
ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA	
■	Vivienda
■	Institución educativa
	Vía vecinal afirmada
	Canal inutilizable
	Quebrada
	Línea de perfil

LEYENDA	
	Q-pr: Depósito proluvial
	Q-cd: Depósito coluvio deluvial
	Ks-qu: Grupo Quilquiñán
	Ks-pu: Grupo Pullucana

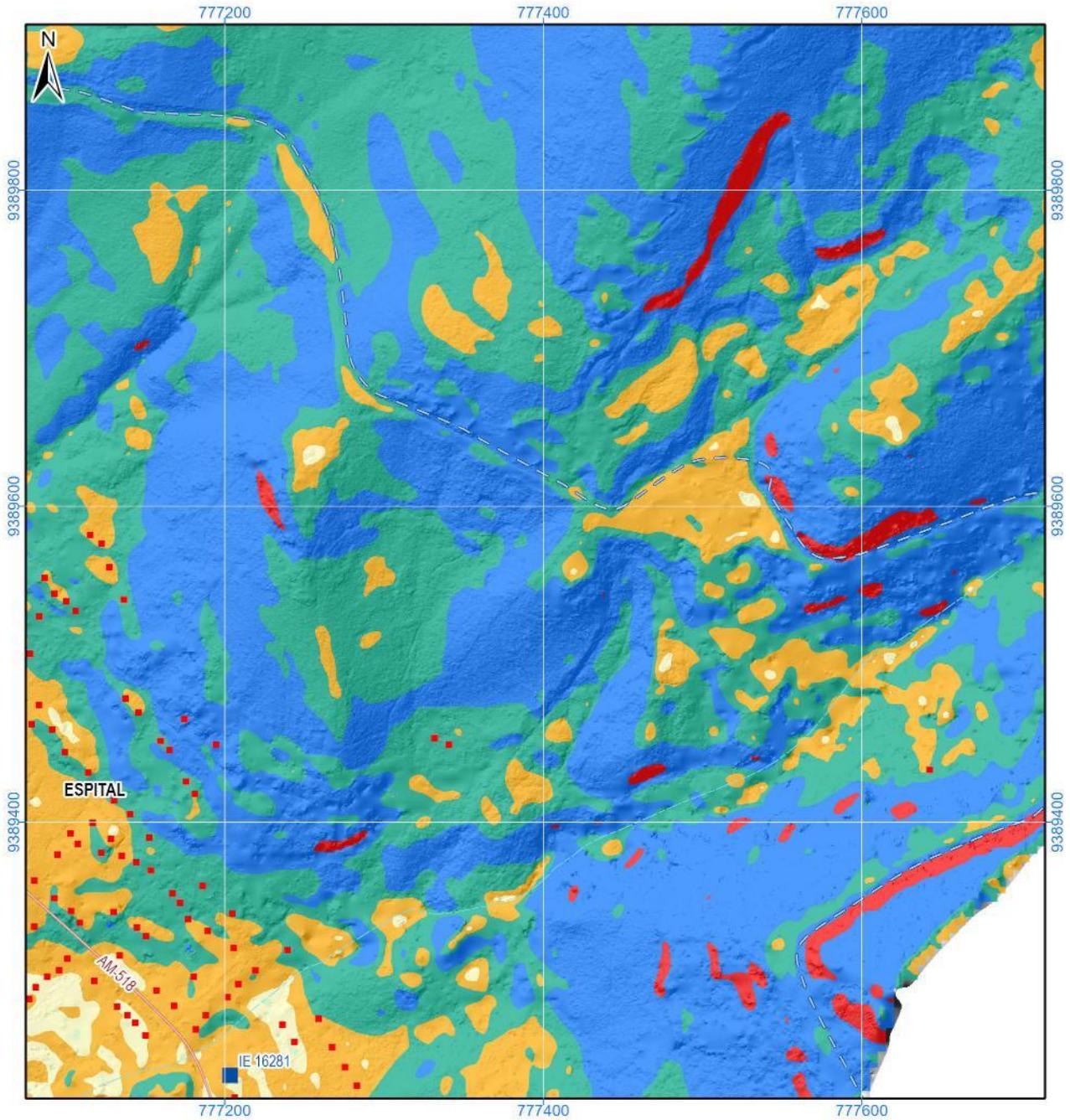
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - BAGUA - BAGUA	
MAPA GEOLÓGICO DE LA LOCALIDAD DE ESPITAL	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2024
MAPA 1	



SIMBOLOGÍA	
■	Vivienda
■	Institución educativa
	Trocha carrozable
	Vía vecinal afirmada
	Canal inutilizable
	Quebrada
	Línea de perfil

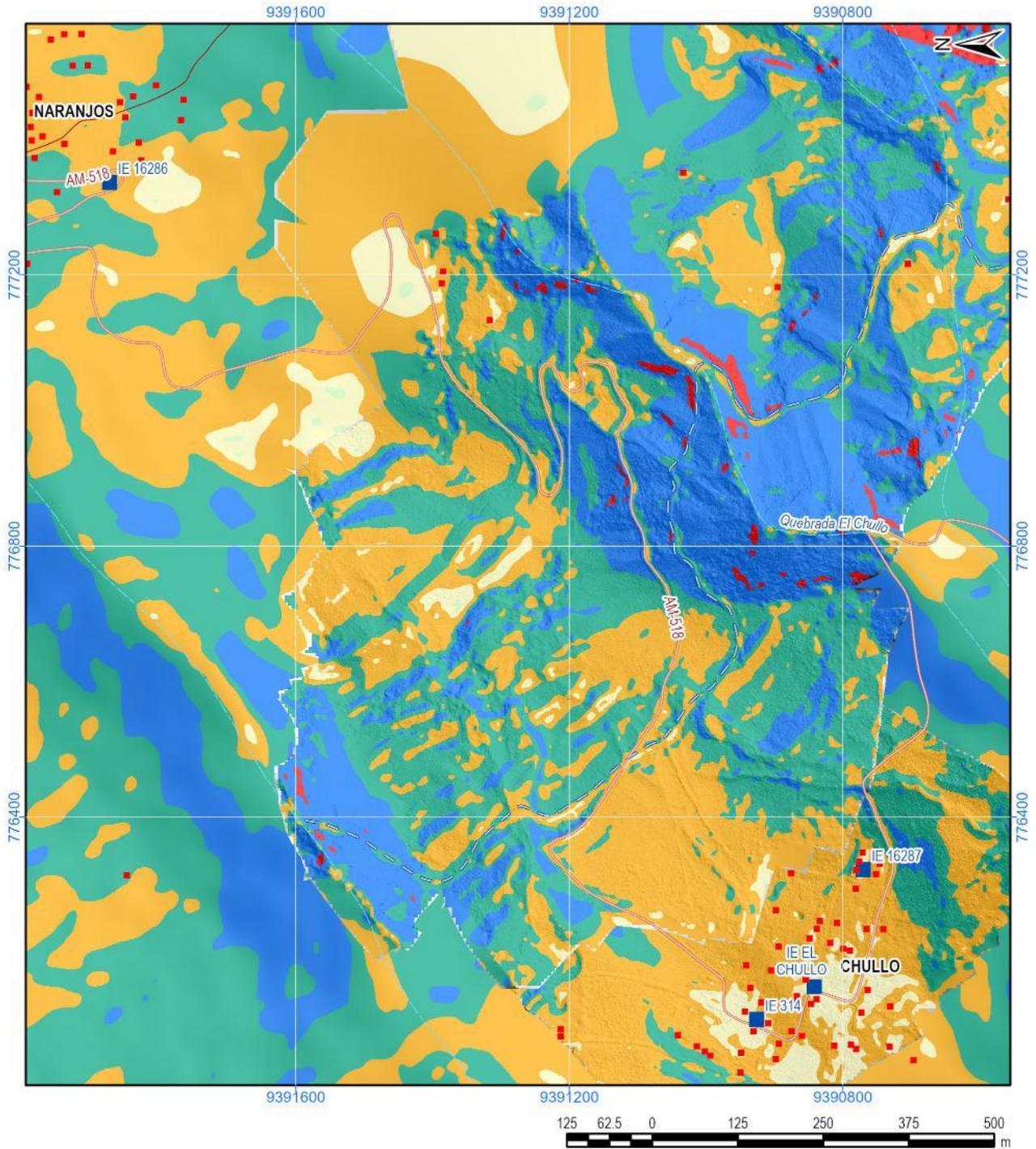
LEYENDA	
	Q-pr: Depósito proluvial
	Q-cd: Depósito coluvio deluvial
	Ks-qu: Grupo Quilquiñán
	Ks-pu: Grupo Pullucana
	Ki-chu: Formación Chúlec

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - BAGUA - BAGUA		
MAPA GEOLÓGICO DE LAS LOCALIDADES DE EL CHULLO Y NARANJOS		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 2
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/9,000	Versión digital: 2024	



SIMBOLOGÍA		LEYENDA	
■	Vivienda	■	<1°: Terreno llano
■	Institución educativa	■	1°-5°: Terreno inclinado con pendiente suave
—	Vía vecinal afirmada	■	5°-15°: Pendiente moderada
—	Canal inutilizable	■	15°-25°: Pendiente fuerte
—	Quebrada	■	25°-45°: Pendiente muy fuerte o escarpada
		■	>45°: Terreno muy escarpado

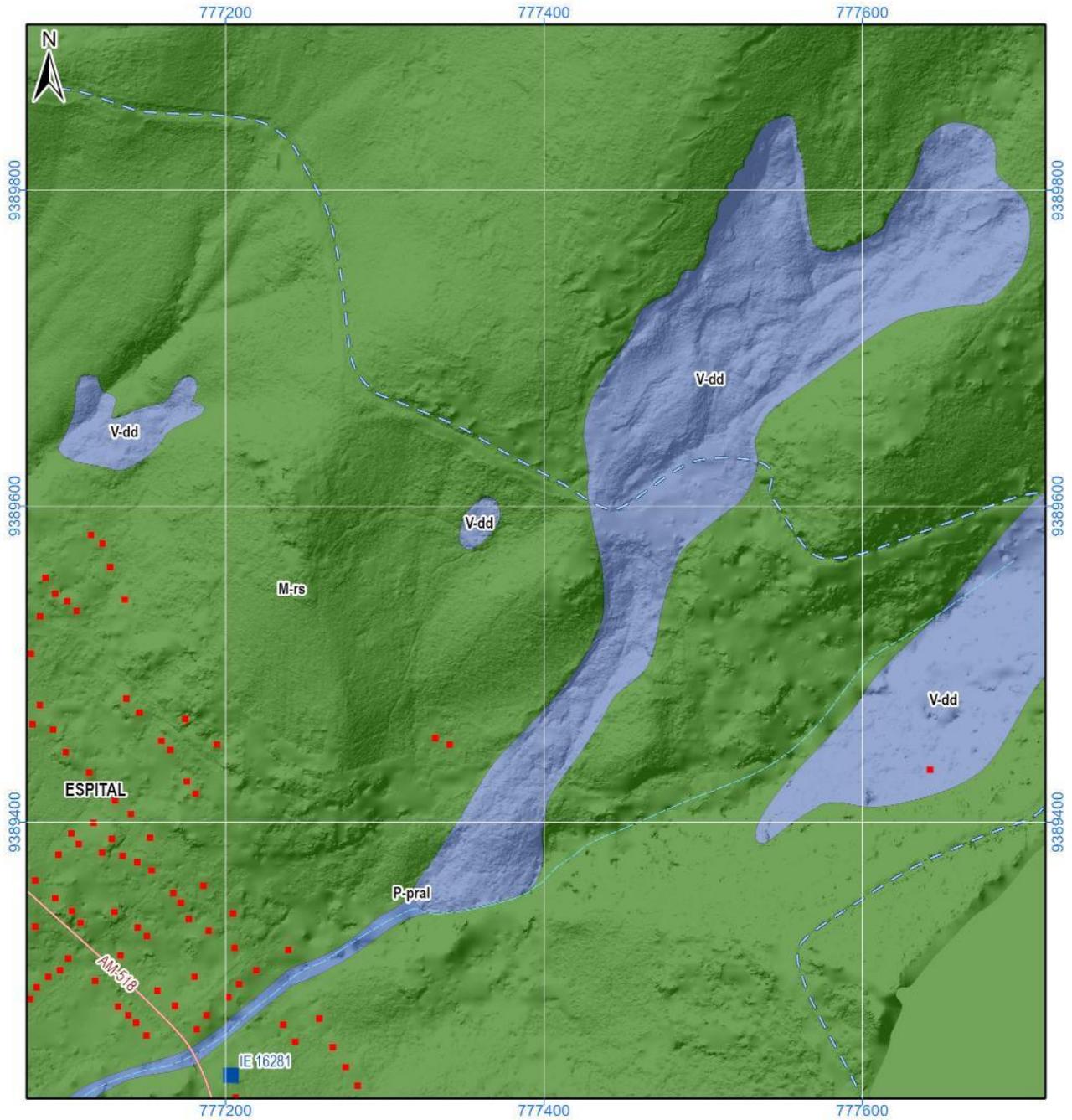
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - BAGUA - BAGUA	
MAPA DE PENDIENTES DE LA LOCALIDAD DE ESPITAL	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2024
MAPA 3	



SIMBOLOGÍA	
■	Vivienda
■	Institución educativa
	Trocha carrozable
	Vía vecinal afirmada
	Canal inutilizable
	Quebrada

LEYENDA	
■	<1°: Terreno llano
■	1°-5°: Terreno inclinado con pendiente suave
■	5°-15°: Pendiente moderada
■	15°-25°: Pendiente fuerte
■	25°-45°: Pendiente muy fuerte o escarpada
■	>45°: Terreno muy escarpado

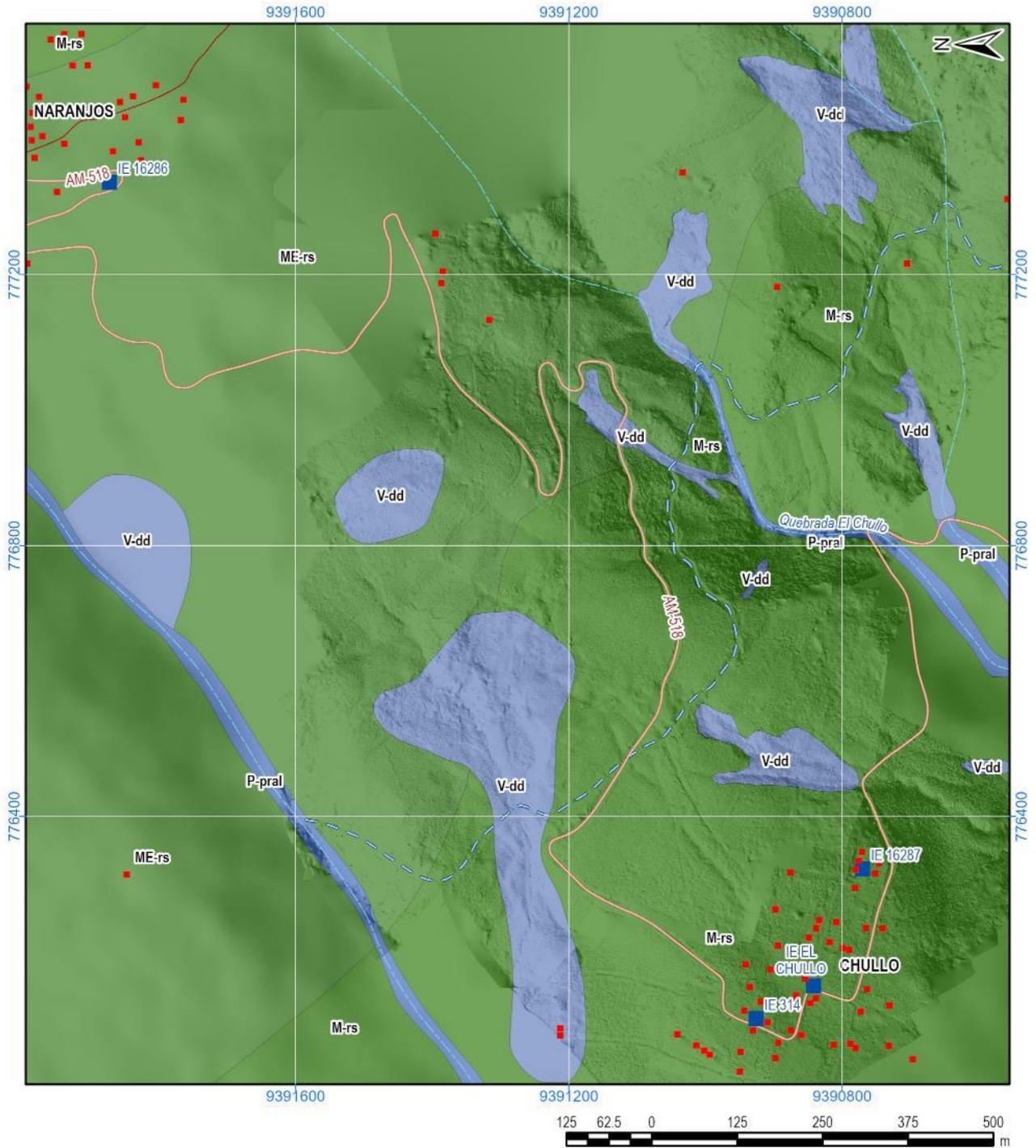
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - BAGUA - BAGUA	
MAPA DE PENDIENTES DE LAS LOCALIDADES DE EL CHULLO Y NARANJOS	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/9,000	Versión digital: 2024
MAPA 4	



SIMBOLOGÍA	
■	Vivienda
■	Institución educativa
	Vía vecinal afirmada
	Canal inutilizable
	Quebrada

LEYENDA	
	M-rs: Montaña en roca sedimentaria
	V-dd: Vertiente con depósito de deslizamiento
	P-pral: Piedemonte proluvial

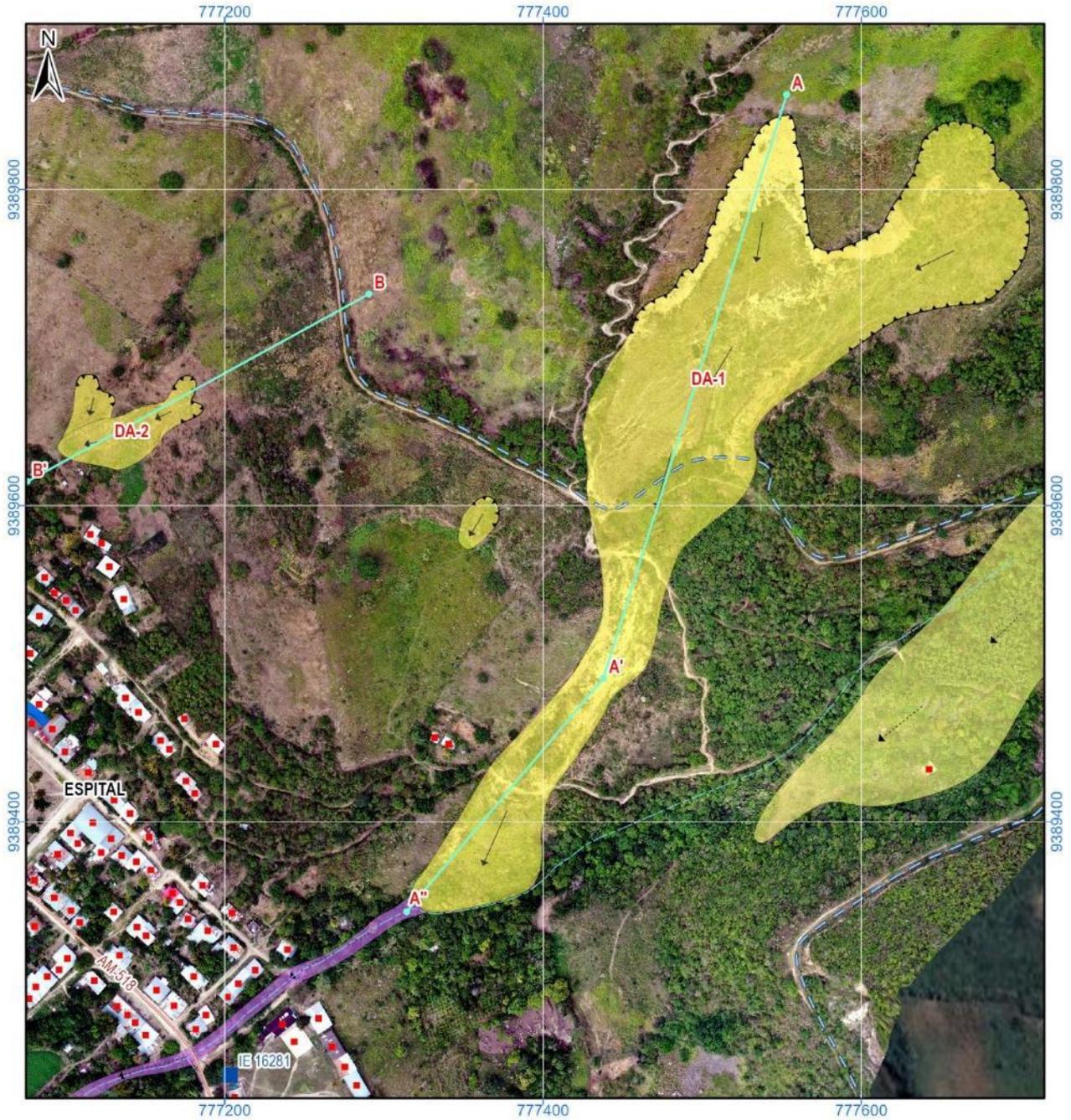
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - BAGUA - BAGUA	
MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LA LOCALIDAD DE ESPITAL	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2024
MAPA	
5	



SIMBOLOGÍA	
■	Vivienda
■	Institución educativa
	Trocha carrozable
	Vía vecinal afirmada
	Canal inutilizable
	Quebrada

LEYENDA	
	ME-rs: Montaña estructural en roca sedimentaria
	M-rs: Montaña en roca sedimentaria
	V-dd: Vertiente con depósito de deslizamiento
	P-pral: Piedemonte proluvial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - BAGUA - BAGUA	
MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LAS LOCALIDADES DE EL CHULLO Y NARANJOS	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/9,000	Versión digital: 2024
MAPA 6	

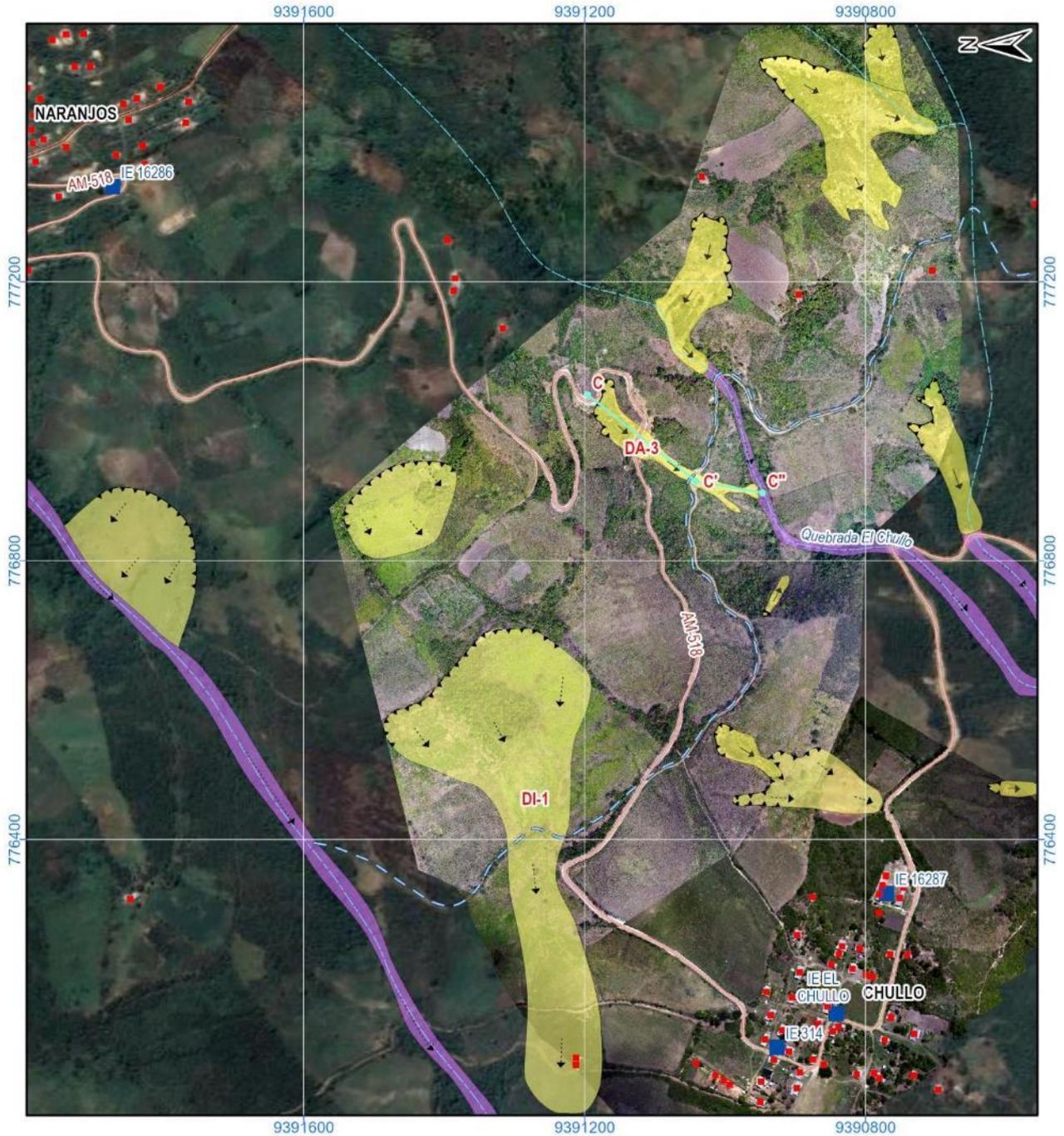


SIMBOLOGÍA	
■	Vivienda
■	Institución educativa
	Vía vecinal afirmada
	Canal inutilizable
	Quebrada
	Línea de perfil
	Dirección de movimiento activo
	Dirección de movimiento inactivo
	Escarpe de deslizamiento activo

LEYENDA	
	Deslizamiento rotacional activo
	Deslizamiento rotacional latente
	Flujo de detritos reciente



SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - BAGUA - BAGUA	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE ESPITAL	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/4,000	Versión digital: 2024
MAPA 7	



SIMBOLOGÍA	
■	Vivienda
■	Institución educativa
	Trocha carrozable
	Vía vecinal afirmada
	Canal inutilizable
	Quebrada
	Línea de perfil
	Dirección de movimiento activo
	Dirección de movimiento inactivo
	Escarpe de deslizamiento activo
	Escarpe de deslizamiento inactivo

LEYENDA	
	Deslizamiento rotacional activo
	Deslizamiento rotacional inactivo latente
	Flujo de detritos reciente

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - BAGUA - BAGUA</p>	
<p>CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LAS LOCALIDADES DE EL CHULLO Y NARANJOS</p>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/9,000	Versión digital: 2024
MAPA 8	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para deslizamientos y flujos de detritos

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de los movimientos en masa. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizantes en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suárez Díaz, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de los movimientos en masa, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento en masa. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (Figura 23). En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.

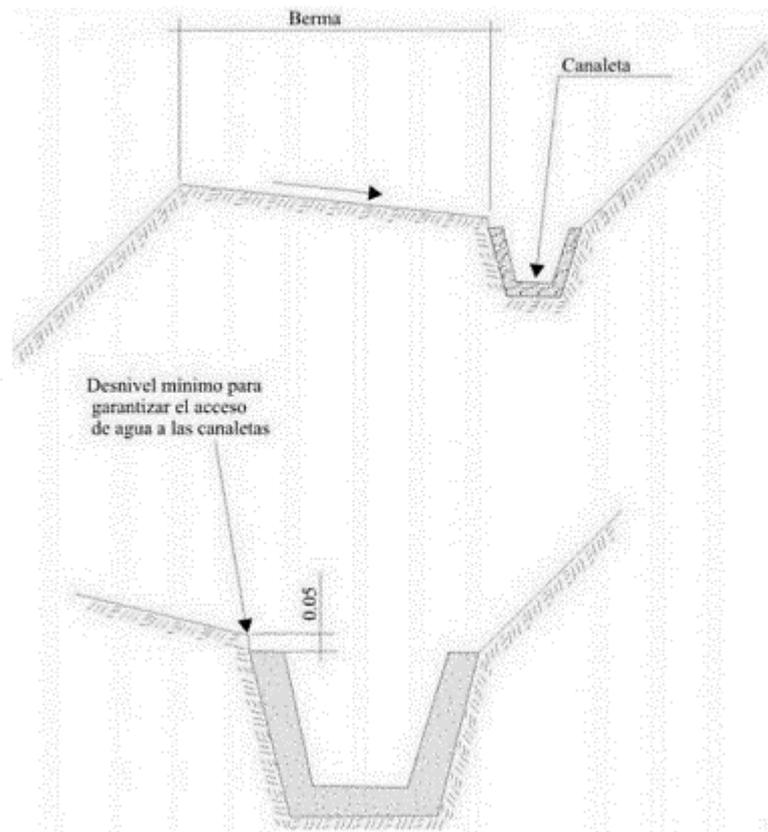


Figura 23. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

c) Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos muestran una resistencia adicional contra los bloques que son desprendidos de la ladera, sirviendo como un cerco vivo, además de servir para mantener la cohesión de los suelos y evitar su erosión por medio de agentes meteorológicos (Suárez Díaz, 2007).

El control de erosión con plantas debe considerar la utilización de plantas locales y de raíces densas (figura 24 y fotografía 4).

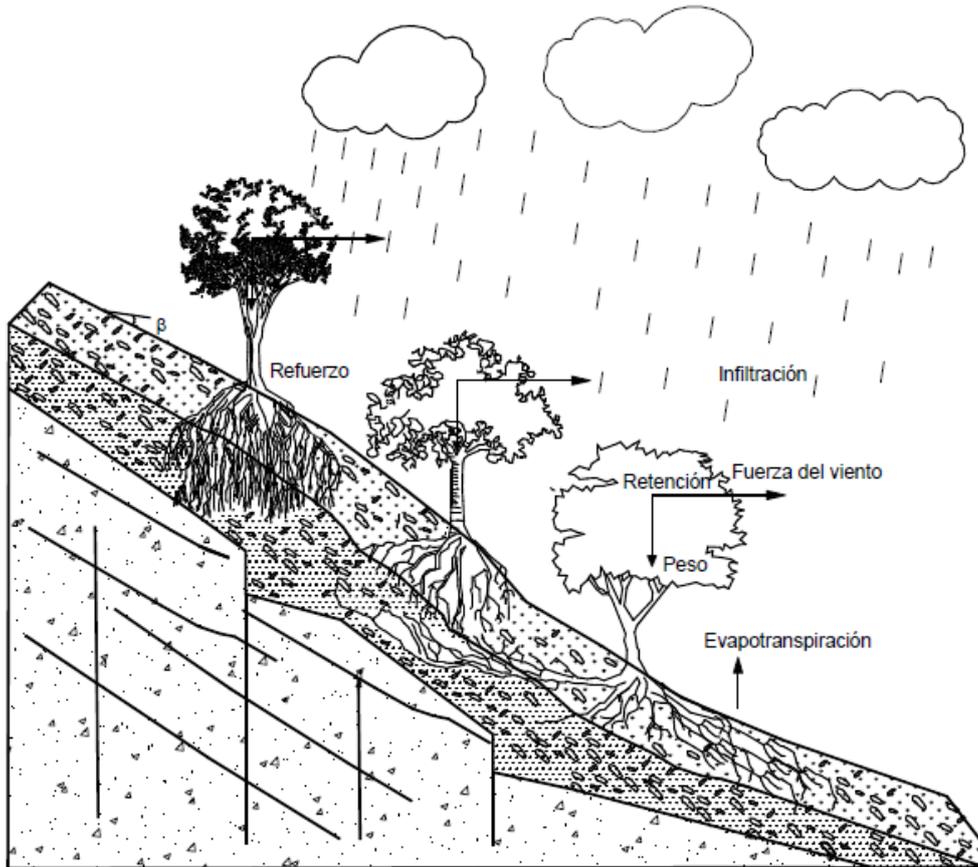


Figura 24. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 4. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales